

矿井辅助运输

寇嘉年 罗金泉 编著



煤炭工业出版社

矿 井 辅 助 运 输

寇嘉年 罗金泉 编著

煤 炭 工 业 出 版 社

(京)新登字 042 号

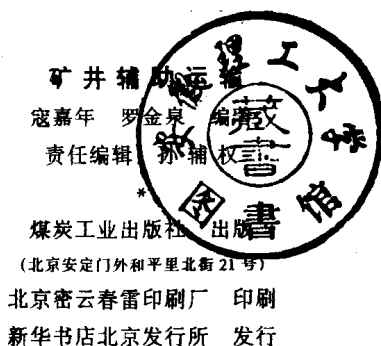
图书在版编目 (CIP) 数据

矿井辅助运输/寇嘉年, 罗金泉编著. - 北京: 煤炭工业出版社, 1996.6

ISBN 7-5020-1297-4

I. 矿… II. ①寇…②罗… III. 井下运输-辅助系统
IV. TD52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00943 号



开本 $850 \times 1168 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $10\frac{1}{2}$ 插页 1

字数 274 千字 印数 1—5,300

1996 年 5 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷

书号 4065 G0357 定价 20.00 元

前 言

矿井运输是煤矿生产过程的重要组成部分。根据运输任务的不同，矿井运输又分为主运输和辅助运输两部分。主运输是指煤炭的运输，辅助运输是指材料、设备、矸石和人员的运输。辅助运输是整个矿井运输动脉不可缺少的重要组成部分，是不受主运输系统约束的独立的工艺系统。

随着煤炭开采技术的发展，井型趋于大型化，采、掘、运、支等设备及材料的总吨位大幅度增加，运输距离不断延长，原有的辅助运输系统很不适应。目前，我国煤矿井下辅助运输系统及设备是矿井各生产环节中最薄弱的一环，严重地影响了生产和劳动生产率的提高。因而，研究和解决煤矿高效能辅助运输机械化，已经是发展采掘综合机械化必须解决的一个问题，是提高矿井全员效率，实现煤矿现代化的重要组成部分，也是解放井下生产过程笨重体力劳动、改变煤矿面貌，保证安全生产的一个不容忽视的方面。

矿井辅助运输具有线路分支、交叉多变，运输货物品种繁多，环境又差的特点，比主运输系统还要复杂。矿井辅助运输是一个完整的独立系统，应从系统工程角度加以分析和运筹决策。

辅助运输系统选择要从整体上统一考虑辅助运输设备，要与主运输及辅助运输相互协调配套，力求系统简单，装卸、转载机械化，充分保证安全，以最小的投资获得较大的经济效益为原则。

至目前为止，国内尚无较全面、系统地论述矿井辅助运输系统及其技术装备和理论研究方面的专门书籍，因此作者撰写本书，企望能对我国矿井辅助运输现代化有所帮助。

本书由寇嘉年、罗金泉编著。其中前言、第一章、第三章、第四章第一节由寇嘉年执笔；其余由罗金泉执笔。

由于水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 矿井辅助运输的特点、现状及发展前途	1
第一节 辅助运输的任务及特点	1
第二节 辅助运输设备的类型	3
第三节 煤矿辅助运输的现状与发展前途	9
第二章 矿井轨道线路计算	19
第一节 矿井轨道	19
第二节 轨道线路	28
第三节 轨道线路联接计算	43
第四节 轨道线路纵断面的计算	59
第五节 矿车运行中的稳定性	64
第三章 电机车运输	70
第一节 概述	70
第二节 矿车运行计算	75
第三节 电机车运行理论	82
第四节 电机车运输计算	91
第四章 钢丝绳运输	108
第一节 钢丝绳运输的分类	108
第二节 有极绳运输计算	110
第三节 无极绳运输计算	127
第五章 矿井轨道运输的车场设计	156
第一节 采区上部车场设计	157
第二节 采区中部车场设计	163
第三节 采区下部车场设计	204
第四节 吊桥式车场	257
第五节 无极绳运输车场设计	259
第六章 新型辅助运输	265

第一节	新型辅助运输设备	265
第二节	辅助运输系统分析	284
第二节	新型辅助运输方式及参数最优化设计	304
第四节	新型辅助运输方式的车场	317
参考文献		326

第一章 矿井辅助运输的特点、 现状及发展前途

第一节 辅助运输的任务及特点

煤矿井下辅助运输的对象是指除煤炭之外的各种运输之总和，主要包括：从工作面采掘下来的矸石运到地面，把支架、设备、材料及充填材料从地面运到工作面，待修理（或待回收）的支架、设备从工作面运到地面，以及部分材料、设备在井下周转使用。此外，还包括人员从地面（或井底）运送到工作地点或从工作面运送到地面（或井底）。

辅助运输的特点是：

1) 在一个矿井中常常是有若干采掘工作面同时进行工作，因而运输线路的分支较多。此外，运输线路往往是由若干水平的、倾斜的、甚至竖直的线路交替组成，线路直、弯不一，坡度随时变化，就是在一个采区内也有多处弯道和变坡。

2) 随工作面的推进，运输设备要经常移动，并延长或缩短运输线路。

3) 作为运输途径的巷道，通常长达数公里，甚至有的长达数十公里，由于技术和经济上的原因，巷道断面较小，因而运输工作在空间上受到很大限制。

4) 运输的品种繁多、形态各异、大小不一，单件重量相差很大，重量大的如综采支架重量达 12t，最重的可达 17t，重量小的如砂子，碎石。

5) 装载要求不一，如综采支架、采煤机等可以单件直接装载运输，有的则要求装箱或包扎成捆，油脂需专运。

6) 运量不均，如综采设备安装或综采工作面搬家、长钢材

的运输等，都是集中在短时间内运输，大部分设备运输都有不平衡性。

7) 辅助运输不像煤的流向单一，而是多流向的，如人员、材料、设备等。据德国 1980 年辅助运输量的统计，设备总重量达 1300 万 t，占当年全部商品煤产量的 15%，其中 700 万 t 材料、设备运入矿井，占 54%；400 万 t 材料、设备在矿井内运输，占 30%；200 万 t 运至地面占 16%。

此外，由于辅助运输系统线路迂回复杂、转载多、运输设备效率低等原因，辅助运输与原煤运输的工耗相差甚大，辅助运输与原煤运输的单位工耗比例为 20:1，费用比例为 6:4，因此，尽管辅助运输工作量小于煤炭运输，但其总工耗却超过了后者。

矿井辅助运输是一个完整的系统，必须从系统工程的角度加以分析研究和运筹决策。一个大型矿井的辅助运输系统包含材料、设备、人员以及矸石等各个子系统。而每个子系统如图 1-1 所示。

总之，辅助运输存在着线路多变、运输方式多样、车场形式繁多，运输所处环境较差等特点，比主运输系统复杂。

辅助运输的上述特点，既影响运输设备的结构形式，又影响整个运输系统的布置。因此，对辅助运输有以下基本要求：

1) 辅助运输系统一定要与矿井地质条件、技术条件相适应。

2) 在保证采掘工作面在生产集中化、增加开采强度的条件下，尽可能减少多段运输，提高辅助运输机械化水平，增加运输能力，保证持续稳产、高产，保证相关连的生产环节可靠运行。

3) 对系统环境和矿井不造成空气、噪声，设备防爆、废气处理应符合安全规程的规定。

4) 尽量实现采、掘、运设备的整机、整件和集装箱运输，提高运输系统和设备的使用率，降低劳动量，提高工作安全性，减少运输费用。

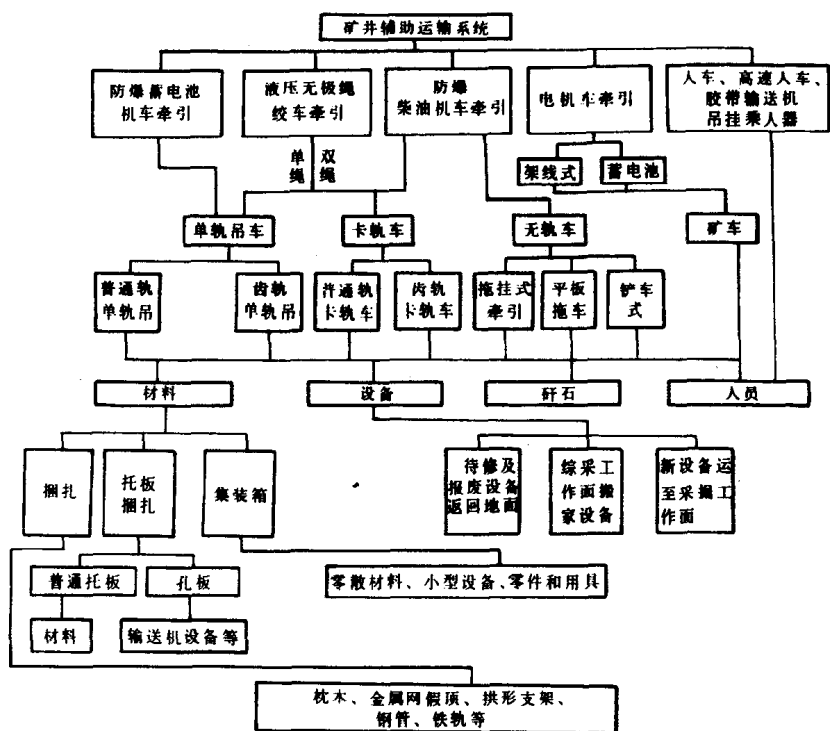


图 1-1 矿井辅助运输系统图

第二节 辅助运输设备的类型

矿山辅助运输设备的类型很多，按动作方式不同，分为连续动作式和周期动作式两种。连续动作式运输设备是开动后能连续运输货载，在运转中无需操纵控制设备，如循环架空索道等；周期动作式运输设备是以一定的方式作周期性的运行，在运转中需要经常操纵的设备，如各种有极绳运输、机车运输、单轨吊、卡轨车、齿轨车以及各种轮式无轨运输设备等。

无极绳运输是介于上述两类运输设备之间的一种运输设备，因为无极绳本身是连续工作，但在运输终点站必须有改变矿车行程的辅助作业，这一点显然与上述连续动作运输设备的工作原理

有所不同，但有相似之处。它的另一特点是钢丝绳牵引矿车沿轨道运行。所以，我们把无极绳运输列入间断动作式运输设备类。

近年来发展起来的单轨吊车、卡轨车、齿轨车和无轨胶轮运输车等运输方式，称新型的辅助运输方式。过去的辅助运输方式，如机车运输、钢丝绳运输等统称为传统运输方式。

新型的辅助运输设备具有运输能力较大，可在起伏不平的巷道中实现连续运输，有一定爬坡能力，并能实现自动化控制与集装化运输等特点。早在 50 年代，西欧、苏、美等国就开始研制新型的运输设备，近十几年来我国也大力进行研制并应用。国内新型辅助设备见表 1-1。

国内部分新型辅助运输设备的使用情况如下：

1) KCY-6/900 型钢丝绳牵引卡轨车使用情况。1986 年 1 月在开滦矿务局唐山矿十一水平南翼二北石门里至 7081 集中运输巷使用，作为连通十一水平南翼生产区和十二水平南翼生产区域的重要运输道。7081 集中运输巷运输距离为 703m，有四个较大起伏点，三处弯道，巷道沿顶板掘进，顶板变化较大，巷道坡度角大部分在 $4^{\circ} \sim 8^{\circ}$ ，最大坡度角可达 12° ，巷道南侧是采空区，北侧是京山铁路保护煤柱，根据 KCY-6/900 型卡轨车机体外形尺寸，将绞车房设在十一水平南翼二北石门里，支护采用 29 号 U 型钢可缩性金属支架，断面为 14m^2 。卡轨车运输巷道为 7081 集中运输巷，支护选用 25 号 U 型钢可缩金属支架，断面为 10.4m^2 。在桥式转载站处支护采用 36 号 U 型钢可缩金属支架，断面为 16m^2 （图 1-2）。卡轨车就是在这样较为复杂的条件下完成了三个综采工作面安装设备的运输和三个综采面收尾设备下运的任务。两年的实践证明，卡轨车与采用调度绞车分段接力运输相比有以下优点：

(1) 减少了辅助运输设备和人员。按调度绞车接力运输方式，需布置 8 台绞车，每班占用辅助人员 13 人，采用卡轨车后只需 8 人，可节省 5 人，且随距离增长，节省辅助运输设备、人员越多。

表 1-1 国内新型辅助运输设备技术特征

类型	型 号	技 术 特 征						最大爬坡 (°)	轨道类型
		牵引动力方式	功率 (kW)	牵引速度 (m/s)	牵引力 (kN)	水平曲率 半径(m)	垂直曲率 半径(m)		
单 机 吊 车	FND-20Y	柴油机	15	0~1.8	11.7	≥4	≥8	16	I140E 工字钢
	FND-40	柴油机	30	0~2.4	29.4	≥4	≥8	18	I140E 工字钢
	FND-90	柴油机	66	0~2	61.7	≥4	≥10	18	I140E 工字钢
	XTD-7	蓄电池	4.5	0.5~1.5	7	≥4	≥10	14.5	I140E 工字钢
	XTD-25	蓄电池	25	1.1	37	≥4	≥10	10	I140E 工字钢
卡 轨 车	KCY-6/900	钢丝绳压绞车	100	0~2	60	≥4	≥15	20	18° 槽钢
	KCY-8/900	钢丝绳压绞车	100	0~1.5	80	≥4	≥15	20	18° 槽钢
	F-1	钢丝绳压绞车	170	0~1.5	90	≥4	≥15	25	18° 槽钢
	F-1A	钢丝绳压绞车	170	0~3	100	4~7	≥15	25	11° 工字钢改制
	KJS-6/900	钢丝绳电动绞车	110/55	1.2/0.6	80/40	≥6	≥15	20	普通钢轨
	KSP-8/600	钢丝绳压绞车	100	1.5	60	≥6	≥15	25	普通钢轨
	CZK-66	柴油机	66	0~3	卡轨段 45	≥4	≥22	15	普通钢轨、齿条
齿 轨 车	JX-90	柴油机	66	粘着 0~4.4 齿轨 0~2.2	粘着 22 齿轨 60	≥10	≥23	10	普通钢轨、齿条
	KZB-8/900	柴油机	66	粘着 0~2.5 齿轨 0~2.0	粘着 14 齿轨 80	≥10	≥15	18	普通钢轨、齿条
胶 套 轮	JX20FDJ	柴油机	17	2.0	18			5.7	普通钢轨
	XKJ5/6	蓄电池	2×7.5	1.8	11			5.7	普通钢轨
无 轨 车	DZY-16 支架车	柴油机	66	3.3	载重 16t	≥6.3	≥50	12	
	WY-12 铲车	柴油机	66	3.3	载重 12t	≥4.8	≥50	12	
	WY-40 运输车	柴油机	30	4.2	载重 4t	≥6.8	≥50	12	
	WY-20 运输车	柴油机	15	2.0	载重 2t	≥6.3	≥50	8	

(2) 运输速度和载重量大大提高, 缩短了材料和设备的运送时间。

(3) 运输效率提高三倍多 (由小绞车运输为 $1.5\text{t}/\text{工}$ 提高到 $4.9\text{t}/\text{工}$)。

(4) 运输安全无事故。在有坡度的巷道运输, 调度绞车经常发生跑车、掉道事故。采用卡轨车运输两年多, 既无掉道事故又无轻、重伤事故。

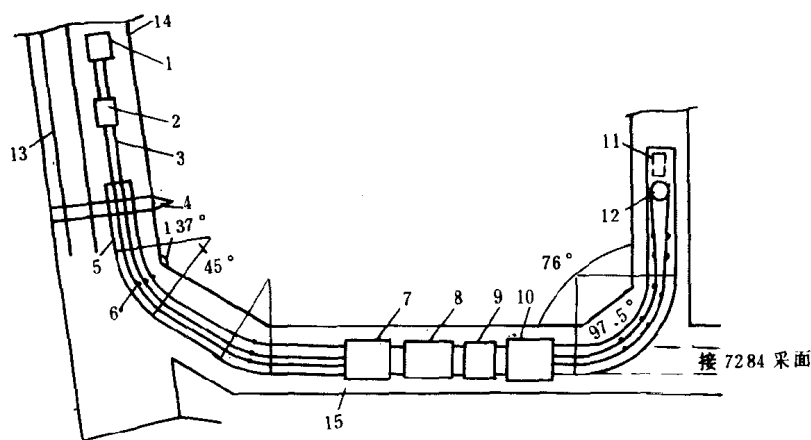


图 1-2 KCY-6/900 卡轨车系统布置图

1—液压绞车；2—张紧器；3—钢丝绳；4—桥式转载机；5—轨道；6—导绳轮；7—5t 载重车；8—牵引绳车；9—制动器；10—15t 载重车；11—回绳站；12—回绳轮；13—普通轨道 14—十一水平南翼二北石门；

15—7081 集中巷

2) F-1 型钢丝绳牵引卡轨车使用情况。F-1 型卡轨车经试运行后, 于 1988 年 4 月 20 日安装在兴隆庄煤矿西翼盘区 4305 综采工作面轨道平巷, 用于综采设备的安装运输及材料、人员的运送。4305 综采工作面是开采 3 号煤层的第一分层, 工作面长 160m, 走向长 1000m, 上下平巷均沿煤层顶板按中线定向掘进, 在垂直方向受煤层的变化影响, 巷道起伏不平, 倾角为 $8^\circ \sim 10^\circ$ 。轨道平巷通过 1 号联络巷与底板岩石集中轨道巷贯通,

联络巷倾角 27° ，斜长 67m。卡轨车的牵引绞车及张紧装置安装在联络巷底部的专用硐室里，通过一组专用道岔与岩石集中轨道巷内的 18kg/m 普通轨联接，形成运输系统（图 1-3）。

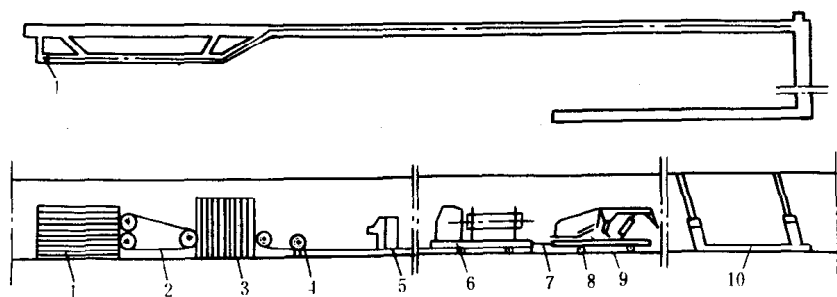


图 1-3. F-1 型卡轨车运输系统布置图

- 1—液压无极绳绞车；2—钢丝绳；3—张紧装置；4—压绳轮组；5—操纵台；
6—牵引制动车；7—牵引杆；8—平板车；9—轨道；10—尾轮锚固站

表 1-2 F-1 型卡轨车与小绞车运输技术性能对比表

技 术 性 能	F-1 型卡轨车	小绞车	备 注
运输距离 (m)	1000~2000	100~400	JM-14 型回柱机 平 均 值
载重量 (t)	15~20	2~14	
爬坡能力 ($^{\circ}$)	25	6~10 最大 25	
最大牵引速度 (m/s)	1.5	1.0	
运输效率 ($t \cdot km/h$)	30	4.41	
调速性能	具有液压无级调速	手动带闸强行制动 控制调速	
超速保护	车速大于 2.5m/s 时自动制动	无	
过载保护	液压系统自动卸载	无	
通 讯	KJ ₅ 型辅助运输监 控系统 FM60/130 型无线 电通讯装置	声光信号指示	
安全性能	制动可靠，保护齐全	依靠增设安全设施	

卡轨车在综采设备倒面运输中的技术经济效益见表 1-2、表 1-3。

从表中可以看出 F-1 卡轨车具有下述优点：

表 1-3 F-1 型卡轨车与小绞车运输经济指标对比表

经济指标		F-1 型卡轨车		小 绞 车	
		数量	费用 (元)	数 量	费用 (元)
投 资 费	内齿轮绞车 (台)			6	60888
	回柱机 (台)			2	20920
	控制开关 (台)	3	12168	16	14240
	小型电器 (台)	6	216	48	1728
	通讯电缆 (m)			1500	4800
	负荷电缆 (m)	50	850	1200	20400
	干式变压器 (台)			3	1030
	钢丝绳 (m)			1500	5019.5
	枕 木 (m ³)			7	5600
	夹板及道钉 (套)			130	1200
	成套设备及投资 (元)		450000		
	轨 道 (m)			2000	36000
	总投资 (元)		463234		171825.5
营 运 费	运输时间 (min)		16		180
	运输设备重量 (t)		12		12
	运输能力 (t/h)		12.86		2.12
	消耗工数 (个)		180		900
	折合工资额 (元)		955.8		4779
	安装工期 (d)		20		30
	材料消耗费 (元)		1612.5		8912
	电力消耗费 (元)		6528		5760
	使用年限 (a)		10		
	安装期折旧费 (元)		2532.43		2824.53
	安装期设备维修费 (元)		128.76		715.94
	总费用 (元)		12915.49		22991.47
	总运输量 (t)		2350		2350
	吨公里费用 (元/t·km)		5.49		9.78

(1) 运输距离较长、载重量较大、速度快，与小绞车运输方式相比，减少了中转环节，节省了设备和人员，提高运输效率 5 倍以上。

(2) 爬坡能力强，联络巷道倾角 25° 的条件下，能整体搬运重量 15t 以下的液压支架。

(3) 采用液压传动系统，保护齐全，动作可靠，安全性好。

(4) 虽然初期投资高，但运营费低，经计算选用 F-1 型卡轨车资金追加投资回收期为 5.8 年，低于设备寿命，故在经济上是合理的。

第三节 煤矿辅助运输的现状与发展前途

一、我国煤矿辅助运输现状

辅助运输是由各运输环节组成，即包括副井、运输大巷、倾斜巷道和回采巷道的运输。

我国现有的辅助运输设备主要是 50 年代和 60 年代的运输工具，也有的采用了先进设备，但为数极少。副井一般采用绞车提升。运输大巷运量比较集中，坡度一般为 $3\text{‰} \sim 5\text{‰}$ ，普遍使用的运输设备有架线式电机车；隔爆型蓄电池电机车，个别矿井使用无极绳运输方式。倾斜巷道多采用单滚筒缠绕式绞车。回采巷道采用小绞车或无极绳运输。

索道运输乘人器（又称猴车），我国多用于运输人员，这种装置结构简单、安全可靠、投资少、用电省，但运距和运量较小。

60 年代以后，为便于巷道维护，将运输大巷、井底车场、装车站及硐室等布置在煤层底板岩石中，由大巷通往煤层还要开凿一些岩石倾斜巷道或石门，用一套窄轨铁路运输系统既担负运煤又兼顾辅助运输。经统计，在一些矿井的辅助运量中，掘进矸石量与总产煤量的比例，低者约为 $8\% \sim 10\%$ ，高者达到 30% 以上，掘进煤量约为 $5\% \sim 10\%$ ，材料、设备等辅助运输量约为产煤量的 $4\% \sim 5\%$ ，以及矿井生产效率低，需要运送的人员多。

对于一个大型矿井来说，以上这些辅助运输量已相当于一个中型矿井的总运输量。

我国现有辅助运输的主要问题是运输系统线路复杂、环节多、转载次数多；设备陈旧，运输能力小，尤其是采（盘）区的辅助运输，多用钢丝绳小绞车多段接力运输方式，占用设备多，劳动强度大，设置分散，运输效率低，机动性和安全性都差，维护工作量大。

潞安矿务局王庄矿是 1966 年正式投产的，原设计年生产能力为 90 万 t，经过几次技术改造和改扩建，现实际年生产能力达 500 万 t，综采机械化程度 100%，综掘机械化程度 80% 以上。但矿井的辅助运输机械化程度仍停留在矿井投产时的状态，大巷采用架线式电机车运输，采区、回采巷道辅助运输用无极绳绞车、调度绞车和回柱绞车。据统计用于辅助运输的绞车有 94 台，不少地方还用人拉肩扛，如综掘工作面的金属支架，从十几米甚至上百米之外用人拉肩扛送到迎头。辅助运输人员约占井下工人的三分之一，每万吨原煤需投辅助运输工 316（为德国的 7 倍）。

大屯矿区每产万吨煤，需搬运有关设备、材料约 324t·km，由于运输量很大，而辅助运输设备又很落后，用人很多。根据大屯矿区统计，井下工人中采、掘、辅助工人的比例为 1:1.1:1.92，即采掘工与井下辅助工之比为 1.0:0.91。从“六五”期间井下工人构成（图 1-4）可见，5 年内采掘一线工人人数是逐步减少的，而辅助工的比例却逐年增加；从绝对数值看，5 年内矿区全部井下人员增加了 704 人，而井下辅助工就增加了 656 人，占增加总人数的 93.2%。据统计，井下辅助工中，运输工人名义上占 1/3，实际上达到 1/2 多，日产万吨原煤约需辅助工 1200 人。

大屯矿区姚桥矿采 7304 工作面时，要经过 13 部小绞车多段运输，每当工作面发生设备或顶板事故而要更换某一部件或设备，或运送抢救器材时，往往需要集中人员，用 1~2 个班的时间，有时甚至要 1~2 天。因而造成生产停顿过久，采、掘工作